

## PCT COOPERATION TREATY

## PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
 US Department of Commerce  
 United States Patent and Trademark  
 Office, PCT  
 2011 South Clark Place Room  
 CP2/5C24  
 Arlington, VA 22202  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing (day/month/year)</b> 23 January 2002 (23.01.02)	
<b>International application No.</b> PCT/EP00/09882	<b>Applicant's or agent's file reference</b> vac330wo
<b>International filing date (day/month/year)</b> 09 October 2000 (09.10.00)	<b>Priority date (day/month/year)</b> 11 October 1999 (11.10.99)
<b>Applicant</b> BEICHLER, Johannes et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

25 April 2001 (25.04.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

<b>The International Bureau of WIPO</b> 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	<b>Authorized officer</b> Carine SEVILLANO
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

# PCT

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>vac330wo</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 09882</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>09/10/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>11/10/1999</b>
Anmelder  <b>VACUUMSCHMELZE GMBH</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

### 1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

### 4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

### 5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 2

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

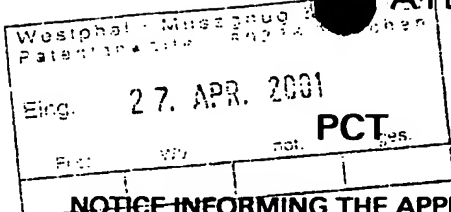
☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# PATENT COOPERATION TREATY



From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER  
Mozartstrasse 8  
80336 München  
ALLEMAGNE

## NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

Date of mailing (day/month/year) 19 April 2001 (19.04.01)		
Applicant's or agent's file reference vac330wo		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/EP00/09882	International filing date (day/month/year) 09 October 2000 (09.10.00)	Priority date (day/month/year) 11 October 1999 (11.10.99)
Applicant VACUUMSCHMELZE GMBH et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:  
US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:  
EP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 19 April 2001 (19.04.01) under No. WO 01/27946

### REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

### REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 17 JAN 2002

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts vac330wo	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/09882	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 09/10/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 11/10/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H01F38/14		
Anmelder VACUUMSCHMELZE GMBH		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☐ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  25/04/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  15.01.2002
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Lohberger, S  Tel. Nr. +49 89 2399 6723  

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-24                      ursprüngliche Fassung

**Patentansprüche, Nr.:**

1-12                      ursprüngliche Fassung

**Zeichnungen, Blätter:**

1/9-9/9                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
  - ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
  - ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).
3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:
- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
  - ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
  - ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
  - ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
  - ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
  - ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.
4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/09882

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	11,12
	Nein: Ansprüche	1-10
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	11,12
	Nein: Ansprüche	1-10
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-12
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
siehe Beiblatt

THIS PAGE BLANK (USPIS)

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Regel 66.2(a)(ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: EP-A-0 637 038 (HITACHI METALS LTD) 1. Februar 1995 (1995-02-01)

D2: EP-A-0 378 823 (VACUUMSCHMELZE GMBH) 25. Juli 1990 (1990-07-25)

2. Anspruch 1 betrifft ein Schnittstellenmodul für lokale Datennetzwerke das durch einen Übertrager mit einem Magnetkern aus einer amorphen oder nanokristallinen Legierung mit einer Permeabilität größer 15000 und Windungszahlen der Wicklungen zwischen 5 und 25 gekennzeichnet ist.

D1, insbesondere Beschreibung Seite 2, Zeile 1 bis Seite 7, Zeile 21 (vor allem Beispiele 1 und 2, Tabellen 1 und 2) sowie Ansprüche lehrt bereits ein Schnittstellenmodul für lokale Datennetzwerke (pulse transformer for use in digital signal transmission system) das durch einen Übertrager mit einem Magnetkern aus einer amorphen oder nanokristallinen Legierung mit einer Permeabilität größer 15000 und Windungszahlen der Wicklungen zwischen 5 und 25 gekennzeichnet ist.

Demzufolge ist der Gegenstand der Ansprüche 1, 2 sowie 5 bis 10 bereits aus D1 bekannt und gemäß Artikel 33 (2) PCT nicht neu.

3. Auch D2, insbesondere Beschreibung Seite 1, Zeile 1 bis Seite 9, Zeile 40 und Ansprüche lehrt ein Schnittstellenmodul für lokale Datennetzwerke das durch einen Übertrager mit einem Magnetkern aus einer amorphen oder nanokristallinen Legierung mit einer Permeabilität größer 15000 und Windungszahlen der Wicklungen zwischen 5 und 25 gekennzeichnet ist. Es wird eine amorphe

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Kobaltlegierung verwendet wie sie in den vorliegenden Ansprüchen 2 bis 4 beschrieben wird. Die Permeabilität ist größer 25000 und die Windungszahlen der Wicklungen liegen bei 16, 23 und 25 (Beispiel 5).

Demzufolge ist der Gegenstand der Ansprüche 1 bis 4 bereits aus D2 bekannt und gemäß Artikel 33 (2) PCT nicht neu.

4. Legierungen wie in den Ansprüchen 11 und 12 vorgeschlagen sind aus dem zitierten Stand der Technik für Übertrager in Schnittstellenmodulen für LAN nicht bekannt. Demzufolge erfüllen die Ansprüche 11 und 12 die Erfordernisse von Artikel 33(2) und (3) PCT.

#### **Zu Punkt VII**

##### **Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

1. Auf Seite 1a, Zeile 4 sollte es richtigerweise heißen "Erfindungsgemäß...".
2. Seite 1a, zweiter Absatz sollte gemäß Artikel 6 PCT den Wortlaut von Anspruch 1 wiedergeben.
3. D1 und D2 als relevanter Stand der Technik sollten in der Beschreibungseinleitung zitiert und kurz gewürdigt werden.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

10/031483

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

2

Applicant's or agent's file reference vac330wo	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/09882	International filing date (day/month/year) 09 October 2000 (09.10.00)	Priority date (day/month/year) 11 October 1999 (11.10.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01F 38/14,		
Applicant VACUUMSCHMELZE GMBH		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of            sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 25 April 2001 (25.04.01)	Date of completion of this report 15 January 2002 (15.01.2002)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/09882

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-24, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1-12, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/9 - 9/9, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

**THIS PAGE BLANK (U8PT0)**

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/09882

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	11, 12	YES
	Claims	1-10	NO
Inventive step (IS)	Claims	11, 12	YES
	Claims	1-10	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-12	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

#### 1. Reference is made to the following documents:

D1: EP-A-0 637 038, HITACHI METALS LTD,  
1 February 1995, (1995-02-01)  
D2: EP-A-0 378 823, VACUUMSCHMELZE GMBH,  
25 July 1990 (1990-07-25).

#### 2. Claim 1 relates to an interface module for local data networks, which interface module is characterised by a transformer comprising a magnetic core formed of an amorphous or a nanocrystalline alloy with a permeability greater than 15000 and between 5 and 25 turns of the windings.

D1, in particular the description - see page 2, line 1 to page 7, line 21 (especially Examples 1 and 2; Tables 1 and 2) and also the claims - already discloses an interface module for local data networks ("pulse transformer for use in digital signal transmission system"), which interface module is characterised by a transformer comprising a magnetic core formed of an amorphous or a

/...

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

nanocrystalline alloy with a permeability greater than 15000 and between 5 and 25 turns of the windings.

In consequence, the subject matter of Claims 1, 2 and 5 to 10 is already known from D1 and therefore not novel (PCT Article 33(2)).

3. D2, in particular the description, page 1, line 1 to page 9, line 40 and the claims, likewise discloses an interface module for local data networks, which interface module is characterised by a transformer comprising a magnetic core formed of an amorphous or a nanocrystalline alloy with a permeability greater than 15000 and between 5 and 25 turns of the windings. An amorphous cobalt alloy is used, as described in Claims 2 to 4 of the present application. Permeability is greater than 25000 and the numbers of turns of the windings are 16, 23 and 25 (Example 5).

In consequence, the subject matter of Claims 1 to 4 is already known from D2 and therefore not novel (PCT Article 33(2)).

4. Alloys as proposed in Claims 11 and 12 are not known from the prior art citations in respect of transformers in interface modules for LAN. In consequence, Claims 11 and 12 satisfy the requirements of PCT Article 33(2) and (3).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/09882

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. Line 4 on page 1a [GERMAN TEXT ONLY] should read "Erfindungsgemäß".
2. On page 1a, the second paragraph should reproduce the wording of Claim 1 (PCT Article 6).
3. D1 and D2 should be cited in the introductory part of the description and briefly acknowledged as being the closest prior art.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Beschreibung

## Schnittstellenmodule für lokale Datennetzwerke

5

Die Erfindung betrifft ein Schnittstellenmodul für lokale Datennetzwerke mit wenigstens einem induktiven Bauelement zur Kopplung von Schnittstellenschaltungen an eine der Verbindung  
10 von Rechnern dienende Datenleitung.

Derartige Module werden auch als LAN-Module bezeichnet. In LAN-Schnittstellenmodulen wurden bisher Ringkerne aus hoch permeablen Ferritmaterial (typisch  $\mu = 5000$ ) für Übertrager  
15 und Drosseln eingesetzt. Um die erforderliche Hauptinduktivität auch mit  $I_{DC} = 8\text{mA}$  zu erreichen, muss bei Ferriten die Windungszahl hoch ausgelegt werden, typischerweise 20 bis 40 Windungen bei 100 Mbit/s-Ethernet-Übertragern. Die hohe Windungszahl führt zu einem zu fertigungstechnischen Nachteilen,  
20 z.B. bei der Ausführung der Übertrager in Planartechnik. Ausserdem beanspruchen LAN-Schnittstellenmodule mit Ferritkernen viel Platz.

Desweiteren ist eine Anforderung bei LAN-Schnittstellenmodulen, dass die Hauptinduktivität ihren Wert auch bei einer  
25 maximalen Gleichstromvorbelastung von 8mA in einem Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $85^{\circ}\text{C}$  aber vorzugsweise bis  $120^{\circ}\text{C}$  beibehält. Die Permeabilität der eingangs genannten Ferrite, insbesondere der MnZn-Ferrite, schwankt jedoch im Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $120^{\circ}\text{C}$  um zum Teil mehr als  $\pm 40\%$ . Diese Schwankungen sind unerwünscht.  
30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Schnittstellenmodule mit wenigstens einem induktiven Bauelement zu  
35 schaffen, das sich für den Einsatz in lokalen Datennetzwerken eignet und ein kleines Bauvolumen aufweist sowie eine hervor-

ragende Temperaturstabilität der Permeabilität in einem Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $120^{\circ}\text{C}$  aufweist.

5      Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein induktives Bauelement mit einem Magnetkern aus einer amorphen Kobaltbasislegierung oder einer nanokristallinen Eisenbasislegierung gelöst, die Permeabilitäten  $\mu > 30000$  aufweisen.

10      Typischerweise reicht der Hauptfrequenzbereich von lokalen Datennetzwerken bis 10 MHz (10Mbit/s Ethernet) bzw. bis 125 MHz (100 Mbit/s Ethernet) oder im Fall von Gigabit-Ethernet sogar noch höher. Wie oben erwähnt, sind bei Verwendung von Ferritkernen zum Erreichen der erforderlichen Induktivität bei

$I_{DC}$  bis 8mA hohe Windungszahlen nötig. Diese führen zu hohen Koppel- und Wicklungskapazitäten sowie zu einer großen Streuinduktivität. Diese Einflüsse wirken sich nachteilig auf die Impulsform aus, und zwar durch Überschwinger sowie große Anstiegs- und Abfallzeiten.

Es besteht zwar die Möglichkeit bei amorphen und nanokristallinen Legierungen die Permeabilität durch ein entsprechendes Herstellungsverfahren sehr hoch einzustellen, aber dies hätte zur Folge, daß die Magnetkerne leicht in Sättigung gehen. Amorphe und nanokristalline Legierungen lassen sich jedoch auch auf mittlere Permeabilitätswerte im Bereich von 12000 bis 80000 einstellen und verfügen im allgemeinen über eine hohe Sättigungsinduktion. Es ist daher bei nanokristallinen und amorphen Legierungen möglich, die geometrischen Abmessungen eines Magnetkerns, seine Permeabilität und die Windungszahl so aufeinander abzustimmen, daß kleine Bauformen möglich werden. Besonders hervorzuheben ist, daß die Windungszahlen auf optimale Werte eingestellt werden können, so daß sich gleichzeitig eine geringe Streuinduktivität und Wicklungskapazität ergibt. Somit lassen sich mit amorphen und nanokristallinen Magnetkernen Schnittstellenmodule schaffen, die die Anforderungen an die Signalform normgerecht erfüllen und sich zusätzlich durch ein besonders kleines Bauvolumen sowie die Möglichkeit zur kostengünstigen Fertigung in Planartechnik auszeichnen.

Für den Einsatz in Schnittstellenmodulen für lokale Daten-netzwerke besonders geeignete Legierungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend wird die Erfindung näher anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Übersicht über ein Teil eines lokalen Datennetzwerks;

- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer Schaltung von induktiven Bauelementen in einem Schnittstellenmodul;
- 5      Figur 3 ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Realteils der Permeabilität im seriellen Ersatzschaltbild für eine nanokristalline Legierung und einen Ferrit darstellt;
- 10      Figur 4 ein Diagramm, das die Abhängigkeit der Induktivität im Parallel-Ersatzschaltbild einer Spule mit einem nanokristallinen Magnetkern und einer Spule mit einem Ferritkern von der Gleichstrombelastung darstellt;
- 15      Figur 5 die Temperaturabhängigkeit der Permeabilität von amorphen und nanokristallinen Legierungen im Vergleich zu der Temperaturabhängigkeit der Permeabilität von Ferriten;
- 20      Figur 6 den Frequenzgang des Realteils der Permeabilität einer nanokristallinen Legierung im Vergleich zu einem Ferrit;
- 25      Figur 7 den Frequenzgang der Induktivität im Parallelersatzschaltbild für eine Spule mit einem Magnetkern aus einer nanokristallinen Legierung und für Spulen von Ferritkernen;
- 30      Figur 8 den Frequenzgang des Ohmschen Widerstands im Parallelersatzschaltbild für einen Magnetkern aus einer nanokristallinen Legierung;
- 35      Figur 9 den Frequenzgang der mit dem nanokristallinen Magnetkern aus Figur 7 und 8 erzielbaren Einführungs-  
dämpfung; und

Figur 10 ein Beispiel für eine flachen Hystereseschleife eines Magnetkerns aus einer nanokristallinen Legierung.

- 5 Lokale Datennetzwerke oder LANs (Local Area Networks) dienen der Verbindung von Rechnern (PCs, Workstations, Mainframes) zur Datenübertragung über kurze Strecken. Man unterscheidet LANs nach Übertragungsstandards (IEEE 802.3, Ethernet, IEEE 802.4 (Token Bus), IEEE 802.5 (Token Ring), Übertragungsraten  
10 (z.B. 10 MBit/s, 100 MBit/s für Ethernet) und physikalischem Übertragungsmedium (RG58-Koaxialkabel, Twisted Pair, Glasfaser, usw.). Rechner können über verschiedene Topologien (Stern, Bus, Ring) zusammengeschaltet werden. Dabei werden, wie in Fig. 1 dargestellt, Zentral-Einheiten 1 wie Hubs,  
15 Switches, Bridges und Router sowie Netzkarten 2 (NICs = Network Interface Cards) in den Rechnern benötigt. Zur Übertragung der Daten in der physikalischen Schicht wird in diesen Geräten und Karten ein Logik-Baustein 3 (Baustein für die physikalische Schicht) verwendet, der entweder direkt oder  
20 über einen Sender-Empfänger-Baustein 4 (Transceiver) an ein LAN-Schnittstellenmodul 5 gekoppelt wird. Dieses LAN-Schnittstellenmodul 5 stellt dann die Verbindung zu einer Datenleitung 6 her.
- 25 In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel des Schnittstellenmoduls 5 dargestellt. Das Schnittstellenmoduls 5 in Figur 2 umfaßt einen Übertrager 7, sowie stromkompensierte Drosseln 8, die jeweils Magnetkerne 9 aufweisen. Die Magnetkerne 9 können aus demselben oder aus unterschiedlichen Material sein. Neben  
30 den in Figur 2 dargestellten Bauelementen kann das Schnittstellenmodul weitere induktive Bauelemente wie Übertrager-, Drossel- und Filterbauelemente aufweisen.

Im folgenden beschränken wir uns bei der Beschreibung auf  
35 LAN-Schnittstellenmodule 5 für 10 MBit/s- und 100MBit/s-Ethernet als für alle diese LAN-Technologien repräsentative Systeme. Der Hauptfrequenzbereich der Signale ist  $< 10$  MHz

für 10 MBit/s-Ethernet und  $< 125$  MHz für 100 MBit/s-Ethernet. Mit den hier vorgestellten LAN-Schnittstellenmodulen 5 sind jedoch auch höhere Übertragungsraten (z.B. für Gigabit-Ethernet) vorstellbar.

5

An die im LAN-Schnittstellenmodul 5 eingesetzten induktiven Bauelemente sind die folgenden Anforderungen gestellt:

- a) minimales Bauvolumen
- b) Eignung für die verschiedene Übertragungssysteme, z.B.
  - 10     • MLT3 (100 MBit/s)
  - 4B5B (100 MBit/s)
  - Manchester-Codierung (10 MBit/s)
- c) Für 100 MBit/s-Ethernet muß nach ANSI X3.263-95 §9.1.7 gelten:
  - 15     Hauptinduktivität  $> 350 \mu\text{H}$  bei 100 kHz, 100 mVrms und 0 mA
  - $< I_{\text{DC}} < 8\text{mA}$
  - d) Für 100 MBit/s-Ethernet muß nach ANSI X3.263-95 §9.1.7 für die Anstiegszeit  $t_{\text{Anstieg}}$  und die Abfallzeit  $t_{\text{Abfall}}$  der Impulse gelten:  $3\text{ns} < t_{\text{Anstieg}}, t_{\text{Abfall}} < 5\text{ns}$
  - 20     f) geringes Kerngewicht und SMD - Fähigkeit
  - g) Ringkernform, dadurch einfachere Sicherheitsanforderungen nach IEC 950
  - h) geringe Einfügedämpfung und hohe Reflexionsdämpfung (für 100 MBit/s-Ethernet nach ANSI X3.263-95 §9.1.5) im gesamten Frequenzbereich
  - 25     i) geringer und monotoner Temperaturgang der relevanten magnetischen Kenngrößen im Bereich  $-40^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$ .

Bei den hier vorgestellten induktiven Bauelementen handelt es sich um induktive Bauelemente für das LAN-Schnittstellenmodul 5, die statt eines Ferritkerns den Magnetkern 9 in der Form eines kleinen Metallbandkerns aus einer amorphen oder nanokristallinen Legierung enthalten. Dieser erhält seine normgerechten Eigenschaften durch eine optimierte Kombination aus Banddicke, Legierung und Wärmebehandlung im Magnetfeld sowie kerntechnologische Fertigungsschritte.

Eine erste grundlegende Anforderung ist, daß die Induktivität des LAN-Übertragers 7 bei 100 kHz größer ist als 350  $\mu$ H. Dies muß im gesamten Temperaturbereich von 0 bis 70°C oder sogar von -40°C bis +85°C, eventuell sogar von -40°C bis +120°C, bei einem Gleichstrom von bis zu 8 mA gewährleistet sein. Wie Fig. 3, 4 und 5 zeigen, wurde diese Anforderung bei richtig abgestimmter Legierung, Kerndimension und Bewicklung beispielsweise mit nanokristallinen, aber auch mit amorphen Legierungen erfüllt.

10

Figur 3 ist ein Diagramm, in dem der Realteil der Permeabilität im seriellen Ersatzschaltbild gegen die Stärke des Gleichfelds aufgetragen ist. Dabei veranschaulicht die durchgezogene Kurve die Abhängigkeit des Realteils der Permeabilität der nanokristallinen Legierung  $(\text{FeCuNb})_{77,5}(\text{SiB})_{22,5}$ , während die gestrichelte Kurve die Abhängigkeit des Realteils der Permeabilität eines MnZn-Ferrits mit der Handelsbezeichnung („Ferronics B“) andeutet.

20

Figur 4 zeigt die ideale Induktivität des Übertragers 7 in Abhängigkeit von der Gleichstromvorbelastung. Die durchgezogene Kurve stellt die Induktivität des Übertragers 5 mit dem Magnetkern 9 aus der nanokristallinen Legierung  $(\text{FeCuNb})_{77,5}(\text{SiB})_{22,5}$  bei einer Anfangspermeabilität  $\mu_1(p) = 40000$  und 9 Windungen dar. Die gestrichelte Linie ist die ideale Induktivität eines Übertragers mit einem MnZn-Ferritkern („Ferronics B“) mit einer Anfangspermeabilität von  $\mu_1 = 5000$  und 20 Windungen. Aus Figur 4 geht hervor, daß der Übertrager 5 mit dem Magnetkern 9 aus der nanokristallinen Legierung trotz der geringen Windungszahl die Anforderungen wesentlich besser erfüllt als der Übertrager mit dem Ferritkern.

In Figur 5 ist die relative Permeabilitätsänderung bezogen auf die Permeabilität bei Raumtemperatur in Prozent für verschiedene Materialien aufgetragen. Eine erste steil ansteigende Kurve stellt die Temperaturänderung eines MnZn-Ferrits

mit dem Handelsnamen „Siferrit N27“ dar. Die Permeabilität eines weiteren MnZn-Ferrits ( „Ferronics B“) schwankt im Temperaturbereich von -40 bis 120 °C um mehr als +/- 40%. Die relative Permeabilitätsänderung für das nanokristalline  
 5  $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{15,5}\text{B}_7$  und das amorphe  $(\text{CuFe})_{72}(\text{MnMnSiB})_{28}$  liegt dagegen im Bereich von +/- 20%.

Des weiteren kann man an Fig. 6 und 7 ersehen, daß bei LAN-Übertrager 5 mit Metallbandkern anders als bei einem solchen  
 10 mit Ferritkern keine Resonanzen auftreten (Fig. 6), und daß durch die Wicklungskapazität verursachte Resonanzen wegen der niedrigeren Windungszahl erst am oberen Rand des Signalspektrums auftreten (Fig. 7) und damit - im Vergleich zum Ferrit - eine kleinere Phasenverschiebung der Signale zur Folge ha-  
 15 ben. Dies kann sich auf die effektive Bitrate auswirken, da weniger Bitfehler durch die verwendeten Übertragungsprotokolle korrigiert werden müssen.

Eine zweite grundlegende Anforderung ist, daß die Einfügungsdämpfung  $a_E$  des Übertragers 7 über den gesamten Frequenzbereich möglichst gering ist. Mit den hier vorgestellten  
 20 Magnetkernen 9 sind bei  $f \geq 100$  kHz  $a_E$ -Werte von deutlich unter 1 dB erreichbar. Für einen vorgegebenen Wellenwiderstand (hier: 100  $\Omega$ ) nimmt die Einfügungsdämpfung mit zunehmendem  
 25 Wert für  $R_p$  ab.  $R_p$  ist dabei der ohmsche Widerstand im Parallelersatzschaltbild für den Übertrager 7, der die Ummagnetisierungsverluste im Magnetkern 9 sowie die ohmschen Kupferverluste der Bewicklung repräsentiert. Auf der Grundlage der Elektrodynamik läßt sich mit der Dichte  $\rho_{\text{mech}}$  der Zusammenhang

$$30 \quad R_p(f) = 2 \cdot \pi^2 \cdot N^2 \cdot (1/\rho_{\text{mech}}) \cdot (A_{\text{Fe}}/l_{\text{Fe}}) \cdot f^2 \cdot B^2 / P_{\text{Fe}}(f) \quad (1)$$

herleiten, wobei  $P_{\text{Fe}}(f)$  den Frequenzgang der spezifischen Gesamtverluste darstellt, die ihrerseits wieder von den Hysterese- und von den Bandeigenschaften abhängen. Bei den hier  
 35 betrachteten Frequenzen von mehr als 100 kHz und extrem linearen Hystereseschleifen, spielen allerdings nur noch

bandabhängige Wirbelstromverluste sowie gyromagnetische Effekte eine Rolle.

Wie aus Fig. 8 und 9 hervorgeht, lassen sich mit den hier  
5 verwendeten, wärmebehandelten Magnetlegierungen ausreichend  
kleine  $a_E$ - bzw. ausreichend große  $R_p$ -Werte auch bei den hier  
angestrebten niedrigen Windungszahlen erreichen. Wie auch  
leicht anhand von Gleichung (2) nachvollzogen werden kann,  
lassen sich besonders hohe  $R_p$ -Werte bei möglichst niedrigen  
10 Banddicken von  $\leq 20 \mu\text{m}$ , besser  $\leq 17 \mu\text{m}$  oder möglichst sogar  
 $\leq 14 \mu\text{m}$  erreichen. Noch weiter verbessern läßt sich der  $R_p$ -  
Wert durch eine Beschichtung von mindestens einer Bandober-  
fläche mit einem elektrisch isolierenden Medium, das eine  
kleine Dielektrizitätszahl von  $\epsilon_r < 10$  besitzen muß.

15

Eine dritte grundlegende Anforderung ist, daß die Streuinduk-  
tivität  $L_s$  sowohl des Übertragers 7 als auch der stromkompen-  
sierten Drosseln 8 möglichst klein ist. Dies geht aus den An-  
forderungen aus ANSI X3.263 1995 Punkte 9.1.3. (Überschwin-  
20 gen des Signals), 9.1.6. (Anstiegszeiten des Signals) sowie  
9.1.5. (Reflexionsdämpfungsanforderungen) hervor. Eine große  
Streuinduktivität hat ein Überschwingen sowie eine große An-  
stiegszeit des Signals zur Folge. Bei höheren Signalfrequen-  
zen wird die Reflexionsdämpfung durch eine große Streuinduk-  
25 tivität reduziert. Aufgrund der verwendeten Kerngeometrie  
(Ringbandkern) und der aufgrund hoher Permeabilität möglichen  
geringen Windungszahl lassen sich - im Gegensatz zu Ferriten  
- sehr kleine Streuinduktivitäten erzielen.

30 Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß sich durch die Kom-  
bination aus flacher Hystereseschleife sowie verglichen mit  
Ferritlösungen deutlich höherer Permeabilität  $\mu$  und Sätti-  
gungsinduktion  $B_s$  bei Verwendung von dünnen Bändern der hier  
verwendeten, wärmebehandelten Legierungen mit hohem spezifi-  
35 schen elektrischen Widerstand Induktivitäten für LAN-  
Schnittstellenmodule mit besonders niedrigen Windungszahlen  
und kleiner Baugröße herstellen lassen.

- In den hier zugrunde liegenden Untersuchungen wurde erkannt, daß sich die normgerechten Eigenschaften der kleinen Magnetkerne 9 von in den LAN-Schnittstellenmodulen verwendeten Induktivitäten mit amorphen, nahezu magnetostruktionsfreien Kobalt-Basis-Legierungen sowie mit praktisch magnetostruktionsfreien feinkristallinen Legierungen erreichen lassen. Letztere werden üblicherweise als "nanokristalline Legierungen" bezeichnet und sind durch ein extrem feines Korn mit einem mittleren Durchmesser von weniger als 100 nm gekennzeichnet, das mehr als 50 % des Materialvolumens einnimmt. Eine wichtige Voraussetzung ist, daß die Magnetkerne 9 eine hohe Sättigungsinduktion von  $B_s > 0,55 \text{ T}$ , vorzugsweise  $> 0,9 \text{ T}$ , besser  $> 1 \text{ T}$  und eine lineare Hystereseschleife mit einem Sättigungs- zu Remanenzverhältnis  $B_r/B_s < 0,2$ , vorzugsweise  $< 0,08$  besitzen. In diesem Zusammenhang zeichnen sich die magnetostruktionsfreien nanokristallinen Werkstoffe auf Fe-Basis durch eine besonders hohe Sättigungsinduktion von 1,1 T oder mehr aus. Eine Aufzählung sämtlicher betrachteter und für geeignet befundener Legierungssysteme findet sich weiter unten. Eine typische Schleifenform entnimmt man Fig. 10 Eine solche Hystereseschleife läßt sich beispielsweise durch die nachfolgend beschriebenen Fertigungsgänge erreichen:
- 25 Das mittels Rascherstarrungstechnologie hergestellte weichmagnetische amorphe Band der Dicke  $d \leq 22 \text{ }\mu\text{m}$ , vorzugsweise  $\leq 17 \text{ }\mu\text{m}$ , besser  $\leq 14 \text{ }\mu\text{m}$  aus einer der unten aufgezählten Legierungen wird auf speziellen Maschinen spannungsfrei zum Magnetkern 9 in dessen Endabmessung gewickelt. Alternativ kommen
- 30 hierbei aber auch Magnetkerne 9 in Frage, die aus einem Stapel gestanzter Scheiben aus besagten Legierungen aufgebaut sind.

- Es wurde herausgefunden, daß sich die normgerechten Anforderungen an die Frequenzeigenschaften dann noch besser erfüllen lassen, wenn das Band vor dem Wickeln des Magnetkerns 9 oder vor dem Stanzen der Scheiben auf einer oder auf zwei Seiten

elektrisch isolierend beschichtet wird. Hierfür wird je nach Legierung, Wärmebehandlung und Anforderungen an die Güte der Isolationsschicht ein Oxidations-, Tauch-, Durchlauf-, Sprüh- oder Elektrolyseverfahren am Band eingesetzt. Dasselbe kann  
5 aber auch durch Tauchisolation des gewickelten oder gestapelten Magnetkern 9 erreicht werden. Bei der Auswahl des isolierenden Mediums ist darauf zu achten, daß dieses einerseits auf der Bandoberfläche gut haftet, andererseits keine Oberflächenreaktionen verursacht, die zu einer Schädigung der Magneteigenschaften führen können. Bei den hier verwendeten Legierungen haben sich Oxide, Acrylate, Phosphate, Silikate und Chromate der Elemente Ca, Mg, Al, Ti, Zr, Hf, Si als wirkungsvolle und verträgliche Isolatoren herausgestellt. Besonders effektiv, aber trotzdem schonend, war dabei Mg, welches  
15 als flüssiges magnesiumhaltiges Vorprodukt auf die Bandoberfläche aufgebracht wird, und sich während einer speziellen, die Legierung nicht beeinflussenden Wärmebehandlung in eine Schicht aus MgO umwandelt, deren Dicke zwischen 50 nm und 1 µm liegen kann.

20

Bei der anschließenden Wärmebehandlung der isolierten oder unisolierten Magnetkerne 9 zur Einstellung der weichmagnetischen Eigenschaften ist zu unterscheiden, ob der Magnetkern 9 aus einer Legierung besteht, die sich zur Einstellung einer  
25 nanokristallinen Struktur eignet oder nicht.

Magnetkerne 9 aus Legierungen, die sich zur Nanokristallisation eignen, werden zur Einstellung des nanokristallinen Gefüges einer exakt abgestimmten Kristallisationswärmebehandlung unterzogen, die je nach Legierungszusammensetzung zwischen 450 °C und 690 °C liegt. Typische Haltezeiten liegen  
30 zwischen 4 Minuten und 8 Stunden. Je nach Legierung ist diese Wärmebehandlung im Vakuum oder im passiven oder reduzierenden Schutzgas durchzuführen. In allen Fällen sind materialspezifische Reinheitsbedingungen zu berücksichtigen, die fallweise  
35 durch entsprechende Hilfsmittel wie elementspezifische Absorber- oder Gettermaterialien herbeizuführen sind. Dabei wird

durch eine exakt abgegliche Temperatur- und Zeitkombination ausgenutzt, daß sich bei den hier eingesetzten, weiter unten näher beschriebenen Legierungszusammensetzungen gerade die Magnetostruktionsbeiträge von feinkristallinem Korn und amorpher Restphase ausgleichen und die erforderliche Magnetostruktionsfreiheit ( $|\lambda_s| < 2 \text{ ppm}$ , vorzugsweise sogar  $|\lambda_s| < 0,2 \text{ ppm}$ ) entsteht. Die hier gewünschten hohen Permeabilitäten setzen diese besonders exakt abgeglichenen Magnetostruktionswerte und damit eine besonders exakt eingestellte Korngrößenverteilung und damit Legierungszusammensetzung voraus. Wichtig ist dabei eine genaue Kontrolle der Magnetkerntemperatur im Bereich der Kristallentstehung. Auf keinen Fall darf das Material soweit erhitzt werden, daß durch die Bildung unmagnetischer Phasen wie z.B. Fe-Boride eine irreversible Schädigung der Materialeigenschaften entsteht.

Je nach Legierung und Ausführungsform des Bauelements wird zur Erreichung hoher Permeabilitätswerte entweder feldfrei oder im Magnetfeld längs zur Richtung des gewickelten Bandes ("Längsfeld") oder quer dazu ("Querfeld") getempert. In bestimmten Fällen kann auch eine Kombination aus zwei oder sogar drei dieser Magnetfeldkonstellationen zeitlich hintereinander oder parallel nötig werden.

Die magnetischen Eigenschaften, d.h. die Linearität und die Steigung der Hystereseschleife, können - falls nötig - weiträumig durch eine zusätzliche Wärmebehandlung in einem Magnetfeld, das parallel zur Rotationssymmetrieachse des Magnetkerns 9 steht - also senkrecht zur Bandrichtung, variiert werden. Je nach Legierung und dimensionsbedingt einzustellen- dem Permeabilitätsniveau sind dabei Temperaturen zwischen 350 °C und 690 °C erforderlich. Aufgrund der Kinetik der atomaren Reorientierungsvorgänge sind normalerweise die resultierenden Permeabilitätswerte umso höher, je niedriger die Querfeldtemperatur angesetzt wird. Diese Magnetfeld-Wärmebehandlung wird entweder direkt mit der Kristallisationswärmebehandlung kombiniert oder separat durchgeführt. Für die Glühatmosfera

gelten dieselben Bedingungen wie bei der Temperung zur Einstellung der nanokristallinen Struktur.

Bei Magnetkernen 9 aus Amorphwerkstoffen erfolgt die Einstellung der magnetischen Eigenschaften, d.h. von Verlauf und Steigung der linearen flachen Hystereseschleife durch eine Wärmebehandlung in einem Magnetfeld, das parallel zur Rotationsymmetrieachse des Magnetkerns 9 verläuft - also senkrecht zur Bandrichtung. Durch eine günstige Führung der Wärmebehandlung wird ausgenutzt, daß sich der Wert der Sättigungsmagnetostriktion während der Wärmebehandlung um einen von der Legierungszusammensetzung abhängigen Betrag in positive Richtung verändert, bis er in den Bereich  $|\lambda_s| < 2$  ppm, vorzugsweise sogar  $|\lambda_s| < 0,05$  ppm trifft. Wie Tabelle 2 zeigt, wurde dies auch dann erreicht, wenn der Betrag von  $\lambda_s$  im as quenched Zustand des Bandes deutlich über diesem Wert lag. Je nach eingesetzter Legierung kann eine Bespülung des Magnetkerns 9 mit einem reduzierenden (z.B.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ), passiven oder sogar schwach oxidierenden Schutzgas (z.B.  $\text{He}$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) nötig werden, so daß an den Bandoberflächen weder Oxidationen noch andere Reaktionen auftreten können. Genauso wenig dürfen im Innern des Materials festkörperphysikalische Reaktionen durch eindiffundierendes Schutzgas ablaufen.

Je nach Lage von Curietemperatur und Kristallisationstemperatur der verwendeten Legierung können die Magnetkerne 9 für die in den LAN-Schnittstellenmodulen 5 verwendeten Induktivitäten unter angelegtem Magnetfeld mit einer Rate von 0,1 bis 10 K/min auf Temperaturen zwischen 180 °C und 420 °C aufgeheizt werden, auf diesen Temperaturen im Magnetfeld zwischen 0,25 und 48 Stunden gehalten werden und anschließend mit 0,1 - 5 K/min wieder auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Aufgrund der allgemeinen Zusammenhänge  $K_u \propto M_s (T_a)^2$  und  $K_u \propto 1/\mu$  ( $K_u$  = Anisotropieenergie,  $M_s$  = Sättigungsmagnetisierung,  $T_a$  = Anlaßtemperatur im Magnetfeld) sind die erzielten Schleifen bei den hier eingesetzten Amorphlegierungen umso flacher, je höher  $M_s$  ist. Demnach befindet man sich in einem

Dilemma, in dem sich hohe Permeabilitäten und hohe Sättigungsinduktionen, die bei hohen Unsymmetrieströmen allerdings unverzichtbar sind, gegenseitig ausschließen.

- 5 Besonders kleine Magnetkerne 9 für LAN-Übertrager 7 lassen sich dann erreichen, wenn die eingesetzten Amorphlegierungen einerseits niedrige Curietemperaturen von beispielsweise weniger als 250 °C, andererseits aber eine immer noch hinreichend hohe Sättigungsinduktion von beispielsweise 0,65 Tesla  
 10 oder mehr besitzen. Solche, im Prinzip widersprüchlichen Kombinationen lassen sich dadurch erreichen, daß der Metalloidgehalt (z.B. Si, B etc.) der Legierung schrittweise erhöht wird, und/oder gleichzeitig ein antiferromagnetisches Element wie z.B. Mn im Bereich weniger at% der Legierung zugeschlagen  
 15 wird. Infolge kleiner magnetischer Momente bei gleichzeitig temperaturbedingter Verzögerung der Reorientierungskinetik lassen sich dann unterhalb der Curietemperatur mittels definierter Abkühlung im Querfeld besonders kleine uniaxiale (Quer-)Anisotropien von nur 1 J/m<sup>3</sup> oder noch weniger und damit Permeabilitätswerte von beispielsweise 20000 bis 200000  
 20 erreichen.

- Eine wichtige Voraussetzung zum Erreichen derartig hoher Permeabilitäten ist, daß jegliche Art von Störtermen wie z.B.  
 25 magnetoelastische Anisotropien gegenüber den gewünschten magnetfeldinduzierten Anisotropien vernachlässigbar sind. Zur Erfüllung dieser Voraussetzung muß der gewickelte Magnetkern 9 in der Form eines Metallbandkern auch bei kleinsten Magnetostruktionswerten mittels einer Relaxationsglühung entspannt  
 30 werden. Die hierzu notwendige Temperatur ist so hoch anzusetzen, daß die Relaxationskinetik einerseits hinreichend schnell abläuft, andererseits jedoch noch keine Kristallisation entsteht. Eine besonders hohe Effektivität ist mit diesem Vorgehen dann zu erzielen, wenn die Kristallisations- und  
 35 Curietemperatur um weit mehr als 100 °C auseinander liegen, was gerade bei den hier eingesetzten Amorphlegierungen mit hohem Metalloidgehalt der Fall ist.

Fallweise kann zur Erhöhung der uniaxialen Anisotropieenergie zusätzlich zum langsamen Abkühlen der Magnetkerne 9 im Quersfeld ein Temperaturplateau im Quersfeld eingefügt werden. Den  
5 bekannten Einflüssen von Temperaturabhängigkeit der Sättigungsmagnetisierung und Reorientierungskinetik folgend, sind hier der optimale Abstand zur Curietemperatur und die Halte-  
dauer bis zum asymptotischen Erreichen des Gleichgewichtswertes der uniaxialen Anisotropie die entscheidenden Parameter,  
10 die an die jeweilige Legierung anzupassen sind.

Aufgrund der entmagnetisierenden Felder im Inneren eines Magnetkernstapels, die zu einer betragsmäßigen Schwächung und einer Divergenz der Feldlinien führen, lassen sich auch bei  
15 hohen Permeabilitätswerten hinreichend lineare Schleifen dadurch erreichen, daß die Magnetkerne 9 während der Quersfeldbehandlung stirnseitig exakt so aufgestapelt sind, daß die  
Stapelhöhe mindestens das 10-fache, besser wenigstens das 20-  
fache des Magnetkernaußendurchmessers beträgt. Dies gilt in  
20 gleicher Weise bei nanokristallinen wie bei amorphen Magnetwerkstoffen. Eine typische Magnetisierungskurve, die den linearen Charakter der hier realisierten Schleifen unterstreicht, ist der Fig. 10 zu entnehmen.

25 Im Anschluß an die Wärmbehandlung werden die Magnetkerne 9 elektrisch isoliert (z.B. oberflächlich passiviert, beschichtet, wirbelgesintert oder in einem Kunststoffgehäuse verkapselt), mit den Primär- und Sekundärwicklungen versehen und gegebenenfalls im Bauelementgehäuse verklebt oder vergossen.  
30 Hierbei besteht auch die Möglichkeit einen Aufbau in sogenannter Planartechnologie zu verwenden. Dieses Verfahren ist unabhängig davon, ob der Magnetkern 9 aus amorphem oder nanokristallinem Material besteht. Aufgrund der Sprödigkeit hat  
allerdings die mechanische Handhabung der ausgetemperten  
35 nanokristallinen Magnetkerne 9 mit besonderer Vorsicht zu erfolgen.

Eine weitere Fertigungsmöglichkeit ist, daß das Band zunächst einer Querfeldtemperung im Durchlauf unterzogen und anschließend zum Bandkern gewickelt wird. Der weitere Ablauf verläuft wie oben beschrieben.

5 Die wesentlichen erfüllten Voraussetzungen für 10/100Base-T-Übertrager sind dabei:

- Die Hauptinduktivität des Magnetkerns 9 in der Form eines bewickelten Metallbandkerns muß nach ANSI X3.263 1995 die folgende Bedingung erfüllen:

10  $L_h > 350 \mu\text{H}$  bei 100 kHz.

- Für den Widerstand  $R_p$  im Parallel-Ersatzschaltbild sind bereits mit geringen Windungszahlen ausreichend hohe Werte von über  $> 1\text{k}\Omega$  erreichbar.

- Die Hauptinduktivität erfüllt diesen Wert auch bei einer maximalen Gleichstromvorbelastung von 8 mA in einem Temperaturbereich von  $-40^\circ$  bis  $85^\circ\text{C}$ , bei Verwendung von nanokristallinen Legierungen auch bis  $120^\circ\text{C}$ .

- Der Linearitätsfehler der Hystereseschleife des Magnetkerns 9 ist so gering, daß für das Verhältnis von Permeabilität  $\mu$  zur mittleren Permeabilität  $\bar{\mu}$  im Bereich  $B_s/100$  bis  $0,8 B_s$  gilt:

$$1,2 > \mu(B)/\bar{\mu} > 0,8, \text{ vorzugsweise } 1,1 > \mu(B)/\bar{\mu} > 0,9,$$

wobei B gleichfalls im Intervall  $B_s/100$  bis  $0,8 B_s$  liegt.

- Unter Verwendung amorpher und nanokristalliner Magnetwerkstoffe ergeben sich nach abgeglichener Querfeldtemperung für vorgegebene Werte der Hauptinduktivität z.B. die in Tab. 1 dargestellten typischen Abmessungen des Magnetkerns 9, wobei die Abmessungen in der Reihenfolge Außendurchmesser, Innendurchmesser und Höhe des in der Gestalt eines Ringbandkerns vorliegenden Magnetkerns 9 angegeben sind.

Tab. 1

L <sub>haupt</sub> [μH]	R <sub>p</sub> [Ω]	Win- dungs- zahl N	Kernabmessung [mm <sup>3</sup> ]	Kernmasse [g]	Werkstoff
830	>1 kΩ	9	6.0*2.0*2.0	0.3	Fe <sub>73,5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>3</sub> Si <sub>15,5</sub> B <sub>7</sub>
830	>1 kΩ	9	6.0*2.0*2.0	0.3	Co <sub>68,25</sub> Fe <sub>3,35</sub> Mn <sub>1</sub> Si <sub>16,4</sub> B <sub>11</sub>
830	>1 kΩ	11	4.0*2.0*2.0	0.1	Fe <sub>73,5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>3</sub> Si <sub>15,5</sub> B <sub>7</sub>
830	>1 kΩ	11	4.0*2.0*2.0	0.1	Co <sub>68,25</sub> Fe <sub>3,35</sub> Mn <sub>1</sub> Si <sub>16,4</sub> B <sub>11</sub>

Ähnliche Abmessungen des Magnetkerns 9 ergeben sich auch beim  
 5 Einsatz der anderen unten aufgezählten Legierungen, die an-  
 wendungsspezifisch eingesetzt werden.

Bei der Dimensionierung der induktive Bauelemente des  
 Schnittstellenmoduls 5, insbesondere des Übertragers 7, sind  
 10 eine Reihe von Zusammenhängen zu beachten.

Für die Induktivität des Übertragers 7 gilt der Zusammenhang

$$L = N^2 \mu_0 \mu_r A_{fe} / l_{fe} \quad (2)$$

15

N = Windungszahl

$\mu_0$  = universelle Permeabilitätskonstante

$\mu_r$  = Permeabilität des Materials

$A_{fe}$  = Eisenquerschnitt des Magnetkerns

20

$l_{fe}$  = Eisenweglänge des Magnetkerns.

Aus Gleichung (2) wird ersichtlich, daß die erforderliche In-  
 duktivität bei minimalem Bauvolumen nur dann erreichbar ist,  
 wenn Windungszahlen, Permeabilität, Eisenquerschnitt und Ei-  
 25 senweglänge aufeinander abgestimmt sind. Die im gesamten Be-  
 reich der Arbeitsfrequenz gültige Permeabilität  $\mu$  des Kernma-  
 terials ist neben der günstigen ringförmigen Geometrie der  
 ausschlaggebende Parameter für eine möglichst kompakte Abmes-  
 sung des Übertragers 7. Je nachdem welche der nachfolgend

aufgezählten Legierungen zum Einsatz kommt, und wie die zugehörige Wärmebehandlung geführt wird, läßt sich in definierter Weise ein Permeabilitätsbereich zwischen 10000 und 100000 abdecken. Die mit diesen Magnetkernen 9 realisierten LAN-

5 Schnittstellenmodule 5 besitzen aufgrund ihrer Bauform, der hohen Permeabilität und der hohen Sättigungsinduktion der eingesetzten Metallbandkerne gegenüber den Ferritkernen einen starken Volumenvorteil.

10 Bei der Auswahl des Kernwerkstoffes für die Induktivitäten des Übertragers 7 entsteht eine Einschränkung dadurch, daß der Magnetkern 9 bei der Gleichstromvorbelastung von 8 mA nicht in Sättigung gehen darf. Ferner muß der Klirrfaktor bei maximaler  $I_{dc}$ -Aussteuerung unter einer normgemäß festgelegten  
15 Grenze bleiben. Die mit der  $I_{dc}$ -Vorbelastung verbundene magnetische Feldstärke  $H_{dc}$  ist durch

$$H_{dc} = N * I_{dc} / l_{fe} \quad (3)$$

20 gegeben. Die Induktivität und der Klirrfaktor dürfen bei dieser Gleichstromvorlastung im gesamten Temperaturbereich nur sehr geringfügig abfallen.

Im Gegensatz zu den induktiven Bauelementen mit Ferriten, bei  
25 denen Gleichung (2) die Windungszahlen festlegt, ist für die Dimensionierung von induktiven Bauelementen mit nanokristallinen oder amorphen Metallkernen Gleichung (1) maßgebend. Die Windungszahl  $N$  darf nämlich nicht zu klein gewählt werden, da sonst die Einfügedämpfung aufgrund des zu geringen  $R_p$ -  
30 Widerstands des Übertragers 7 zu groß wird. Außerdem haben kleine Windungszahlen hohe Streuinduktivitäten zur Folge, die ein Überschwingen sowie eine große Anstiegszeit des Signals bewirken. Eine Erhöhung der Windungszahl führt ferner zu einer kleineren Signalaussteuerung  $B_{ac}$  und damit zu einem geringen Klirrfaktor. Der Übertrager 7 weist daher bevorzugt  
35 mittlere Windungszahlen zwischen 5 und 25 Windungen auf.

Diese Situation erfordert bei der Werkstoffauswahl eine Kombination aus hoher Sättigungsinduktion  $B_s$ , hoher Permeabilität  $\mu$  und geringen Kernverlusten ( $\sim 1/R_p$ ).

- 5 Eine hohe Permeabilität und damit eine geringe Windungsanzahl sowie die Ringbandform der Magnetkerne 9 führen zu kleinen Übertragern 7 mit kleiner Streuinduktivität und kleinen Koppel- und Wicklungskapazitäten. Dies wiederum führt zu kürzeren Anstiegszeiten, besserer Unsymmetriedämpfung sowie ver-
- 10 bessertem Übertragungsverhalten im gesamten Frequenzbereich.

Nachfolgend werden mehrere geeignete Legierungssysteme beschrieben. Es wurde herausgefunden, daß sich mit den nachfolgend beschriebenen Legierungssystemen unter Einhaltung der

15 oben genannten Bedingungen induktive Bauelemente für die Schnittstellenmodule 5 mit besonders linearen Hystereseschleifen und kleinen Bauformen herstellen lassen, die alle normgerechten Eigenschaften besitzen.

- 20 Es sei angemerkt, daß bei der Angabe der nachfolgend aufgeführten Legierungssysteme die Kleiner- und Größerzeichen die Grenzen miteinschließen; außerdem sind alle at%-Angaben als ungefähr zu betrachten.

## Legierungssystem 1:

Ein erstes Legierungssystem weist die Zusammensetzung  $\text{Co}_a(\text{Fe}_{1-c}\text{Mn}_c)_b\text{Ni}_d\text{M}_e\text{Si}_x\text{B}_y\text{C}_z$  auf, wobei M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe Nb, Mo, Ta, Cr, W, Ge und / oder P bezeichnet und  $a+b+d+e+x+y+z = 100$  ist, mit

	Co	$a = 40 - 82 \text{ at\%}$	vorzugsweise $55 < a < 72 \text{ at\%}$
	Fe+Mn	$b = 3 - 10 \text{ at\%}$	
10	Mn/Fe	$c = 0 - 1$	vorzugsweise $x < 0.5$
	Ni	$d = 0 - 30 \text{ at\%}$	vorzugsweise $d < 20 \text{ at\%}$
	M	$e = 0 - 5 \text{ at\%}$	vorzugsweise $e < 3 \text{ at\%}$
	Si	$x = 0 - 18 \text{ at\%}$	vorzugsweise $x > 1 \text{ at\%}$
	B	$y = 8 - 26 \text{ at\%}$	vorzugsweise $8 - 20 \text{ at\%}$
15	C	$z = 0 - 3 \text{ at\%}$	
	$15 < e+x+y+z < 30$ , vorzugsweise $20 < e+x+y+z < 30$		

Legierungen dieses Systems bleiben nach der beschriebenen Wärmebehandlung amorph. Abhängig von der Zusammensetzung und Wärmebehandlung konnten damit extrem lineare Hystereseschleifen mit einem sehr weiten Permeabilitätsbereich zwischen 500 und 150000 oder sogar mehr realisiert werden.

Für die vorliegende Erfindung hat sich als besonders wichtig herausgestellt, daß sich der Wert der Sättigungsmagnetostraktion mit einer auf die Legierungszusammensetzung abgestimmten Wärmebehandlung sicher auf besonders kleine Werte von  $|\lambda_s| < 0,1 \text{ ppm}$  einstellen läßt. Dadurch bedingt ist eine besonders lineare Schleifenform, die zu einer besonders hohen Konstanz der Permeabilität über einen weiten Induktionsbereich führt. Außerdem wird hierdurch das Auftreten schädlicher magnetoelastischer Resonanzen des ringbandförmigen Magnetkerns 9 vermieden. Diese würden bei bestimmten Frequenzen des Induktionsverlaufes zu Einbrüchen in der Permeabilität und/oder zu erhöhten Ummagnetisierungsverlusten führen. Bei den Untersuchungen wurde herausgefunden, daß gerade die Kombination aus dieser annähernden Magnetostraktionsfrei-

heit, einer möglichst geringen Banddicke (am besten kleiner 17  $\mu\text{m}$ ) und einem vergleichsweise hohen spezifischen elektrischen Widerstand von 1,1 bis 1,5  $\mu\Omega\text{m}$  zu einem extrem guten Frequenzverhalten führt, das für den Übertrager 7 besonders  
 5 gut geeignet ist.

#### Legierungssystem 2:

Ein zweites Legierungssystem weist die Zusammensetzung  
 10  $\text{Fe}_x\text{Cu}_y\text{M}_z\text{Si}_v\text{B}_w$  auf, wobei M ein Element aus der Gruppe Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti, Mo oder eine Kombination aus diesen bezeichnet und  $x + y + z + v + w = 100 \text{ at}\%$  ist, mit

	Fe	$x = 100 \text{ at}\% - y - z - v - w$	
15	Cu	$y = 0,5 - 2 \text{ at}\%$	vorzugsweise 1 at %
	M	$z = 1 - 6 \text{ at}\%$	vorzugsweise 2 - 4 at %
	Si	$v = 6,5 - 18 \text{ at}\%$	vorzugsweise 14 - 17 at %
	B	$w = 5 - 14 \text{ at}\%$ ,	vorzugsweise 6 - 9 at %
	wobei $v + w > 18 \text{ at}\%$ , vorzugsweise $v + w = 20$ bis 24 at %		
20	ist.		

Legierungen dieses Systems haben sich wegen ihrer linearen Schleifenform und ihres sehr guten Frequenzverhaltens für den Übertrager 7 als sehr gut geeignet herausgestellt. Besonders  
 25 gute Eigenschaften werden bei den als "vorzugsweise" hervorgehobenen Legierungszusammensetzungen erreicht, da hier, ebenso wie im Legierungssystem 1 ein Nulldurchgang der Sättigungsmagnetostriktion eingestellt werden kann. Dabei wurde auch hier herausgefunden, daß gerade die Kombination aus ei-  
 30 nem hohen spezifischen elektrischen Widerstand von 1,1 bis 1,2  $\mu\Omega\text{m}$  und einer kleinen Banddicke zu einem ausgezeichneten Frequenzverhalten führt, das durch reduzierte Banddicken von 14  $\mu\text{m}$  oder sogar noch darunter weiter gesteigert werden kann. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, sind bei optimal abgestimmter Wärmebehandlung bei 100 kHz Anfangspermeabilitäten von  $\mu_i$  (100  
 35 kHz)  $> 25000$  problemlos einhaltbar, bei den hier durchgeführ-

ten Untersuchungen wurde fallweise sogar  $\mu_i > 50000$  beobachtet.

Daneben hat sich auch die mit  $B_s = 1,1$  bis  $1,3$  T gemessene, vergleichsweise hohe Sättigungsinduktion bei extrem linearen Schleifen als sehr vorteilhaft erwiesen, da hierdurch eine hohe Stabilität gegenüber Unsymmetrieströmen entsteht. Außerdem werden hohe Werte für die gyromagnetische Grenzfrequenz, die letztlich von  $B_s/\mu_i$  abhängt, erzielt. Letzteres ist eine wichtige Voraussetzung für hohe Permeabilitäten im MHz-Bereich. Zusätzlich wurde gefunden, daß die Temperaturcharakteristik der Magnetkerne 9 über die Wärmebehandlung zur Einstellung der Permeabilität gezielt angepaßt werden kann. Dar- aus können gerade bei rauen Umweltbedingungen, wie sie in Telekommunikationseinrichtungen durchaus auftreten können, nicht anders realisierbare anwendungsspezifische Vorteile erwachsen.

#### Legierungssystem 3:

20

Ein drittes Legierungssystem ist zusammengesetzt gemäß  $\text{Fe}_x\text{Zr}_y\text{Nb}_z\text{B}_v\text{Cu}_w$ , wobei  $x + y + z + v + w = 100$  at % ist, mit

25	Fe	$x = 100 \text{ at } \% - y - z - v - w$	
			vorzugsweise 83 - 86 at %
	Zr	$y = 2 - 5 \text{ at } \%$	vorzugsweise 3 - 4 at %
	Nb	$z = 2 - 5 \text{ at } \%$	vorzugsweise 3 - 4 at %
	B	$v = 5 - 9 \text{ at } \%$	
	Cu	$w = 0,5 - 1,5 \text{ at } \%$	vorzugsweise 1 at %
30	wobei $y + z > 5 \text{ at } \%$ , vorzugsweise 7 at % ist,		
	und $y + z + v > 11$ , vorzugsweise 12 - 16 at % ist.		

Mit Legierungen dieses Systems werden durch Querfeldwärmehandlungen, die legierungsspezifisch im Intervall zwischen  $510^\circ\text{C}$  und  $680^\circ\text{C}$  durchzuführen sind, ebenfalls lineare Hystereseschleifen mit Permeabilitäten zwischen ca. 12.000 und mehr als 30.000 erreicht. Bei Banddicken um  $15 \mu\text{m}$

liegen bei 100 kHz immer noch Anfangspermeabilitäten von nahezu 20.000 vor und damit ein gutes, für die induktiven Bauelemente im Schnittstellenmodul 5 geeignetes Frequenzverhalten. Besonders günstig wirkt sich auch hier die hohe Sättigungsinduktion von 1,5 bis 1,6 T auf die Größe des induktiven Bauelements und die Lage der gyromagnetischen Grenzfrequenz aus. Hervorzuheben ist hier die sehr kleine Sättigungsmagnetostriktion, die bei Anlaßtemperaturen um 600° C deutlich unter  $|\lambda_s| = 1$  ppm liegt.

10

Legierungssystem 4:

Ein viertes Legierungssystem hat die Zusammensetzung  $\text{Fe}_x\text{M}_y\text{B}_z\text{Cu}_w$ , wobei M ein Element aus der Gruppe Zr, Hf, Nb bezeichnet und  $x + y + z + w = 100$  at % ist, mit

	Fe	$x = 100 \text{ at } \% - y - z - w$	vorzugsweise 83 - 91 at %
	M	$y = 6 - 8 \text{ at } \%$	vorzugsweise 7 at %
20	B	$z = 3 - 9 \text{ at } \%$	
	Cu	$w = 0 - 1,5 \text{ at } \%$	

Mit Legierungen dieses Systems läßt sich die Grundvoraussetzung  $|\lambda_s| < 1$  ppm erfüllen. Die mit den durchgeführten Querfelddbehandlungen zwischen 510 °C und 680 °C legierungsspezifisch erreichbaren Permeabilitäten liegen zwischen 2000 und 15000. Die hohe Sättigungsinduktion von 1,5 bis 1,6 T erlaubt ebenfalls die Realisierung sehr kleiner Schnittstellenmodule 5.

30

Legierungssystem 5:

Ein fünftes Legierungssystem hat die Zusammensetzung  $(\text{Fe}_{0,98}\text{Co}_{0,02})_{90-x}\text{Zr}_7\text{B}_{2+x}\text{Cu}_1$  mit  $x = 0 - 3$ , vorzugsweise  $x = 0$ , wobei bei entsprechendem Abgleich der restlichen Legierungsbestandteile Co durch Ni ersetzbar ist.

35

Mit diesem System ist bei legierungsspezifisch abgestimmter Querfeldwärmebehandlung ebenfalls ein Nulldurchgang in der Sättigungsmagnetostriktion zu erreichen, der bei Anfangspermeabilitäten von  $\mu_i > 10000$  besonders lineare Hystereseverläufe erlaubt. Dadurch werden die Frequenzgänge der komplexen Permeabilität so gut, daß sie denen der Legierungssysteme 1 und 2 sehr nahe kommen. Herausragender Vorteil dieses Systems ist die hohe Sättigungsinduktion, die mit Werten um  $B_s = 1,70$  T liegt.

10 Aufgrund der besonders günstigen Kombination aus annäherender Magnetostriktionsfreiheit und hoher Sättigungsinduktion lassen sich wieder Schnittstellenmodule 5 mit besonders kleinen Bauformen realisieren.

15 Die Legierungssysteme 2 bis 5 erhalten nach der Wärmebehandlung eine feinkristalline Struktur mit Korndurchmessern unter 100 nm. Diese Körner sind von einer amorphen Phase umgeben die allerdings weniger als 50 % des Materialvolumens ein-  
20 nimmt.

Sämtliche Legierungssysteme 1 bis 5 zeichnen sich durch die folgenden Eigenschaften aus:

25 - sehr lineare Hystereseschleife .

- Betrag der Sättigungsmagnetostriktion  $|\lambda_s| < 2$  ppm, vorzugsweise  $< 0,1$  ppm nach der Wärmebehandlung. Bei den Kobalt-Basis-Amorphwerkstoffen dadurch einzustellen, daß der Fe und Mn-Gehalt entsprechend feinangepaßt wird. Bei den nanokristallinen Legierungen über die Größe des feinkristallinen Korns, zu erreichen durch eine gezielte Abstimmung der Wärmebehandlung, des Metalloidgehaltes und des Gehaltes an Refraktärmetallen.

35

- Sättigungsinduktion von 0.56 T - 1.7 T. Die Sättigungsinduktion kann durch die Wahl des Gehaltes an Ni, Co, M, Si, B und C feinabgestimmt werden.

- 5 - Bänder, deren Dicken weniger als 17  $\mu\text{m}$  betragen können
- Hoher spezifischer elektrischer Widerstand, der bis zu 1,5  $\mu\Omega\text{m}$  betragen kann.

#### 10 Beispiele:

Die oben genannten Anforderungen und Legierungsbereiche werden nach Durchführung der beschriebenen Wärmebehandlung z.B. durch die in Tabelle 2 aufgeführten Legierungsbeispiele eingehalten bzw. erfüllt.

15

Legierungs- zusammensetzung [at%]	Struktur	Sättig.- induktion [T]	Anfangs- permeabilität $\mu_i$	Sättigungsmagneto- striktion $\lambda_s$	
				as quen- ched	wärmebe- handelt
(CoFe) <sub>72</sub> Mo <sub>1,5</sub> (SiB) <sub>26,5</sub>	amorph	0,57	50.000... 130.000	-12*10 <sup>-8</sup>	-1,3*10 <sup>-8</sup>
(CoFeMn) <sub>74</sub> (SiB) <sub>26</sub>	amorph	0,65	25.000... 60.000	-15*10 <sup>-8</sup>	-2,1*10 <sup>-8</sup>
Fe <sub>73,5</sub> Cu <sub>1</sub> Nb <sub>3</sub> Si <sub>15,5</sub> B <sub>7</sub>	nanokr.	1,21	20.000.... 150.000	+24*10 <sup>-6</sup>	+1,6*10 <sup>-7</sup>
Fe <sub>84</sub> Zr <sub>3,5</sub> Nb <sub>3,5</sub> B <sub>8</sub> Cu <sub>1</sub>	nanokr.	1,53	12.000... 30.000	+3*10 <sup>-6</sup>	+1,5*10 <sup>-7</sup>

Tab.2

Die in Tabelle 2 amorphen, fein- oder nanokristallinen Legierungen zeichnen sich durch besonders hohe Werte der Sättigungsinduktion von bis zu 1,7 Tesla aus. Diese lassen vergleichsweise hohe Permeabilitätswerte zu, wodurch gegenüber Ferritübertragern Vorteile hinsichtlich Baugröße und Bewicklung entstehen.

## Patentansprüche

1. Schnittstellenmodul für lokale Datennetzwerke mit einem  
 5 als Übertrager dienenden induktiven Bauelement (7) zur Koppe-  
 lung von Schnittstellenschaltungen an eine der Verbindung von  
 Rechnern dienende Datenleitung, wobei das induktive Bauele-  
 ment einen Magnetkern (9) und eine Vielzahl von darauf aufge-  
 brachten Wicklungen aufweist,  
 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 daß das als Übertrager dienende induktive Bauelement (7) ei-  
 nen Magnetkern (9) aus einer amorphen oder nanokristallinen  
 Legierung mit einer Permeabilität  $\mu > 15000$  aufweist und die  
 Windungszahlen der Wicklungen zwischen 5 und 25 liegen.
- 15 2. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 ,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 daß die amorphe oder nanokristalline Legierung eine Permeabi-  
 lität  $\mu > 30000$  aufweist.
- 20 3. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 oder 2,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
 daß die Legierung die Zusammensetzung  $\text{Co}_a(\text{Fe}_{1-c}\text{Mn}_c)_b\text{Ni}_d\text{M}_e\text{Si}_x\text{B}_y\text{C}_z$   
 aufweist, wobei M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe  
 25 Nb, Mo, Ta, Cr, W, Ge und / oder P bezeichnet und  
 $a+b+d+e+x+y+z = 100$  at% ist, mit
- |        |   |
|--------|---|
| Co     | $a = 40 - 82$ at%                             |
| Fe+Mn  | $b = 3 - 10$ at%                              |
| Mn/Fe  | $c = 0 - 1$                                   |
| 30 Ni  | $d = 0 - 30$ at%                              |
| M      | $e = 0 - 5$ at%                               |
| Si     | $x = 0 - 18$ at%                              |
| B      | $y = 8 - 26$ at%                              |
| C      | $z = 0 - 3$ at%                               |
| 35 und | $15 \text{ at\%} < e+x+y+z < 30 \text{ at\%}$ |

4. Schnittstellenmodul nach Anspruch 3 ,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 daß die Beziehungen gelten:

Co            a = 55 - 72 at%  
 5    Mn/Fe      c = 0 - 0,5  
      Ni        d = 0 - 20 at%  
      M         e = 0 - 3 at%  
      B         y = 8 - 20 at%  
      Si        x = 1 - 18 at%  
 10       und 20 at% < e+x+y+z < 30 at%

5. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 oder 2,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 daß die Legierung die Zusammensetzung  $Fe_xCu_yM_zSi_vB_w$  aufweist,  
 15 wobei M ein Element aus der Gruppe Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti, Mo  
 oder eine Kombination aus diesen bezeichnet und  $x + y + z + v$   
 $+ w = 100$  at% ist, mit

Fe            x = 100 at% - y - z - v - w  
      Cu        y = 0,5 - 2 at %  
 20    M         z = 1 - 6 at %  
      Si        v = 6,5 - 18 at %  
      B         w = 5 - 14 at %,
 wobei v + w > 18 at % ist.

25 6. Schnittstellenmodul nach Anspruch 5,  
 , d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 daß die Beziehungen gelten:

Cu            y = 1 at %  
      M         z = 2 - 4 at %  
 30    Si        v = 14 - 17 at %  
 wobei v + w = 20 bis 24 at % ist.

7. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 oder 2,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 35 daß die Legierung die Zusammensetzung  $Fe_xZr_yNb_zB_vCu_w$  auf-  
 weist, wobei  $x + y + z + v + w = 100$  at % ist, mit  
      Fe            x = 100 at % - y - z - v - w

Zr             $y = 2 - 5 \text{ at } \%$   
 Nb             $z = 2 - 5 \text{ at } \%$   
 B              $v = 5 - 9 \text{ at } \%$   
 Cu             $w = 0,5 - 1,5 \text{ at } \%$

5    wobei  $y + z > 5 \text{ at } \%$  und  $y + z + v > 11 \text{ at } \%$  ist.

8. Schnittstellenmodul nach Anspruch 7,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Beziehungen gelten:

10        Fe             $x = 83 - 86 \text{ at } \%$   
           Zr             $y = 3 - 4 \text{ at } \%$   
           Nb             $z = 3 - 4 \text{ at } \%$   
           Cu             $w = 1 \text{ at } \%$

wobei  $y + z > 7 \text{ at } \%$  und  $y + z + v > 12 \text{ bis } 16 \text{ at } \%$  ist.

15

9. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 oder 2,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Legierung die Zusammensetzung  $\text{Fe}_x\text{M}_y\text{B}_z\text{Cu}_w$  aufweist, wo-  
 bei M ein Element aus der Gruppe Zr, Hf, Nb bezeichnet und x

20    +  $y + z + w = 100 \text{ at } \%$  ist, mit

          Fe             $x = 100 \text{ at } \% - y - z - w$   
           M             $y = 6 - 8 \text{ at } \%$   
           B             $z = 3 - 9 \text{ at } \%$   
           Cu             $w = 0 - 1,5 \text{ at } \%$ .

25

10. Schnittstellenmodul nach Anspruch 9,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Beziehungen gelten:

          Fe             $x = 83 - 91 \text{ at } \%$   
 30        M             $y = 7 \text{ at } \%$ .

11. Schnittstellenmodul nach Anspruch 1 oder 2,  
 dadurch gekennzeichnet,

35    daß die Legierung die Zusammensetzung  $(\text{Fe}_{0,98}\text{Co}_{0,02})_{90-x}\text{Zr}_7\text{B}_{2+x}\text{Cu}_1$   
 aufweist mit  $x = 0 - 3 \text{ at } \%$ , wobei bei entsprechendem Abgleich  
 der restlichen Legierungsbestandteile Co durch Ni ersetzbar  
 ist.

12. Schnittstellenmodul nach Anspruch 11 ,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß  $x = 0$  gilt.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/9

FIG 1

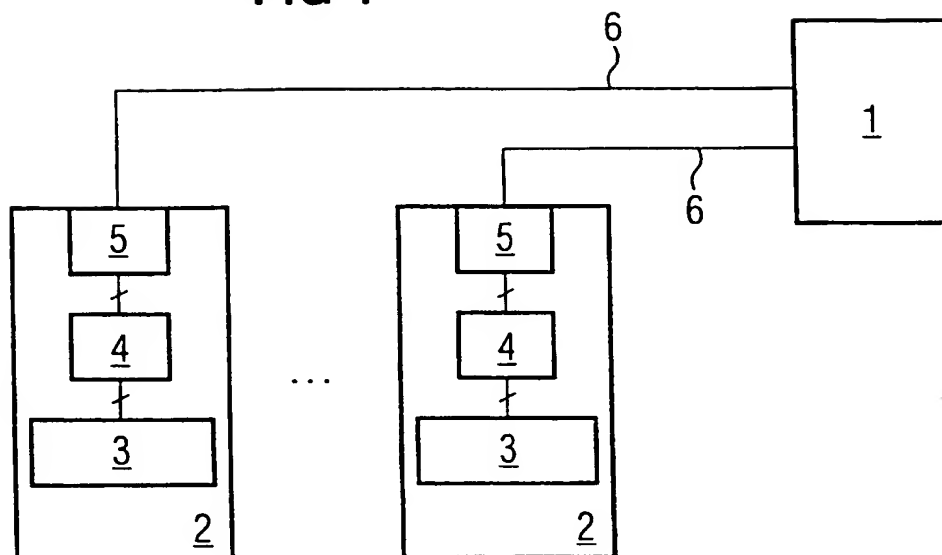
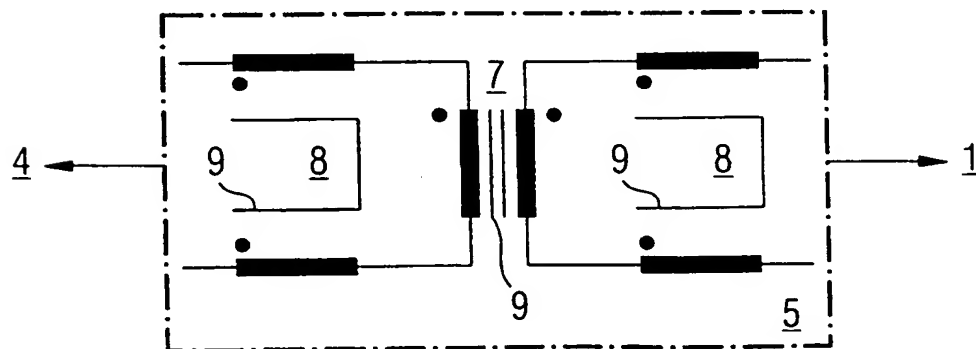


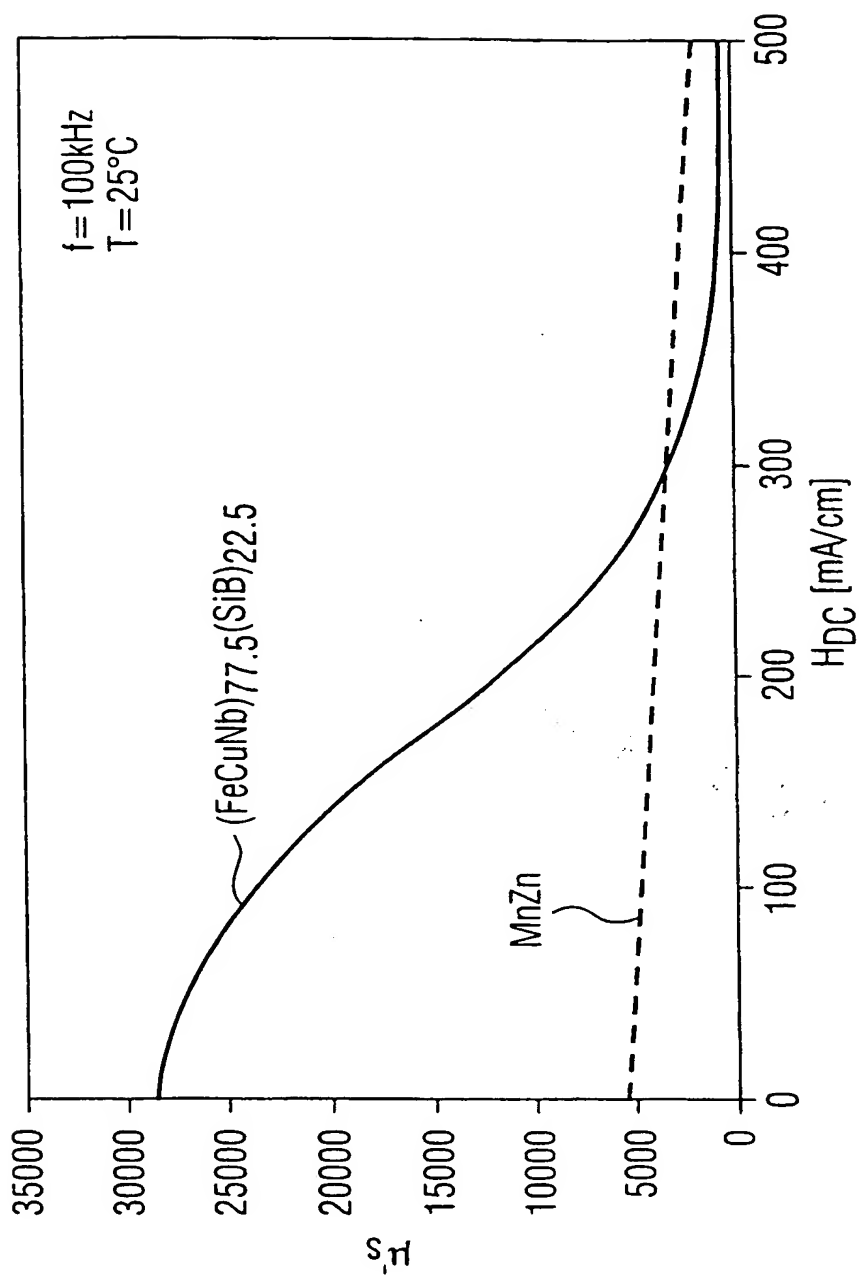
FIG 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

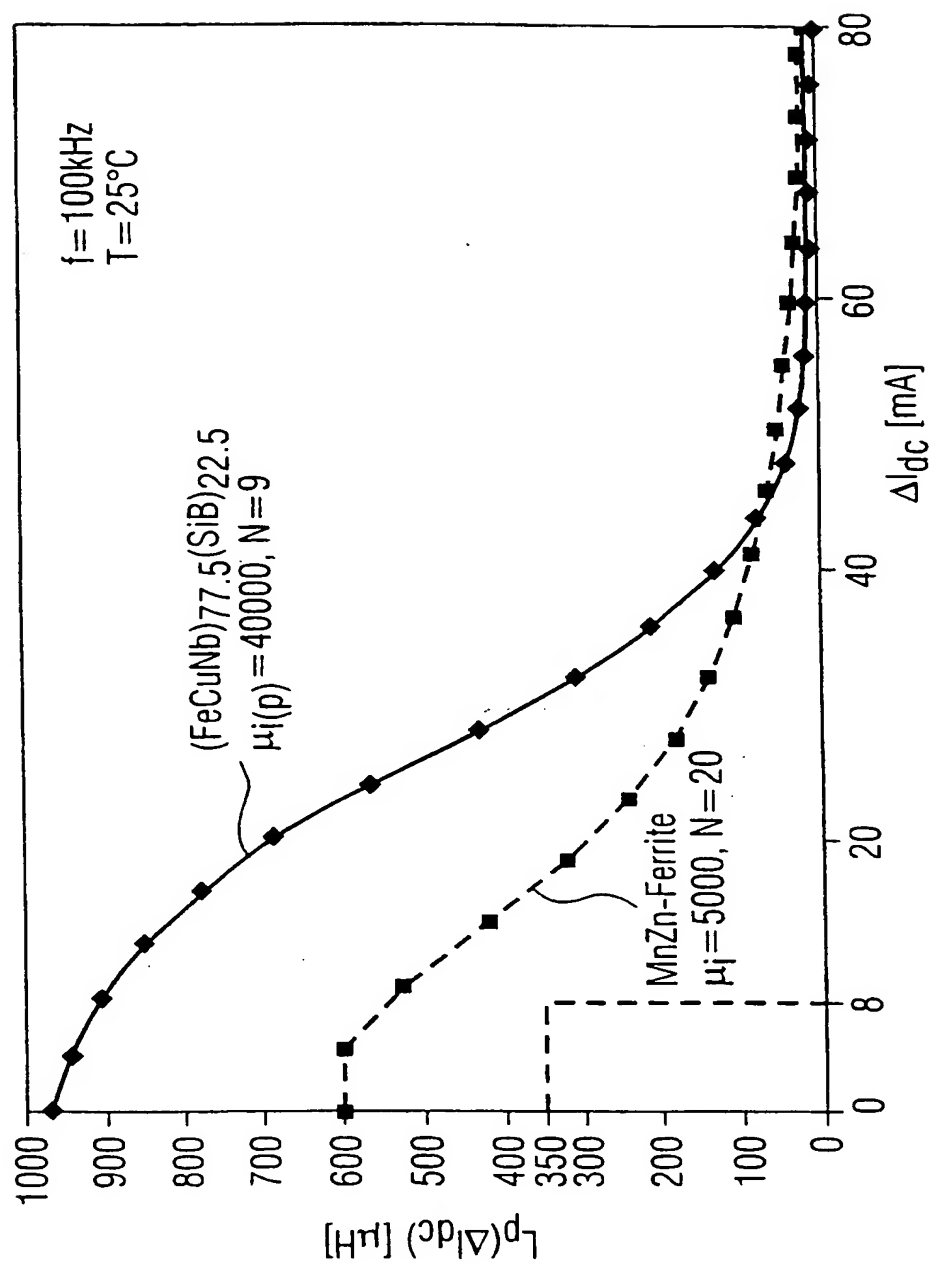
2/9

FIG 3



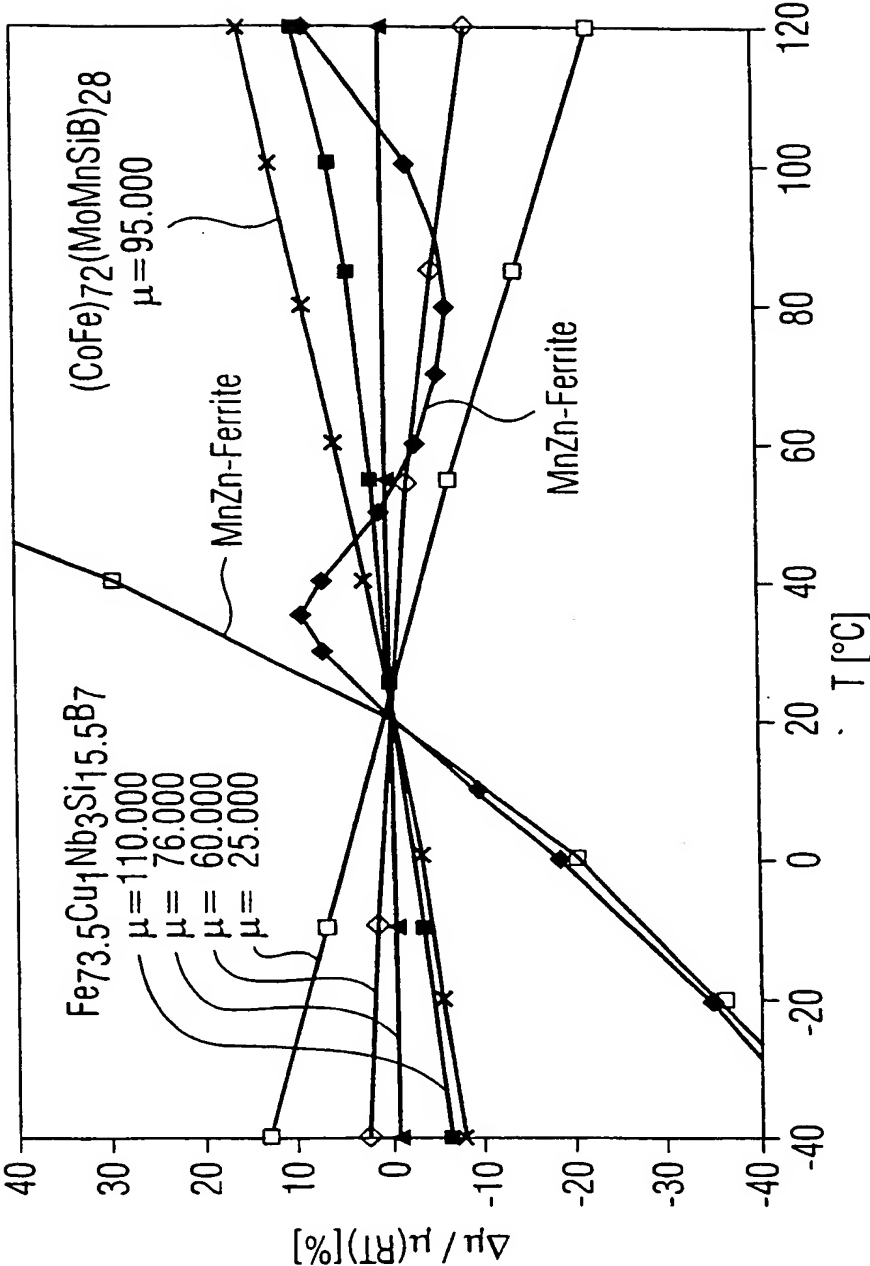
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

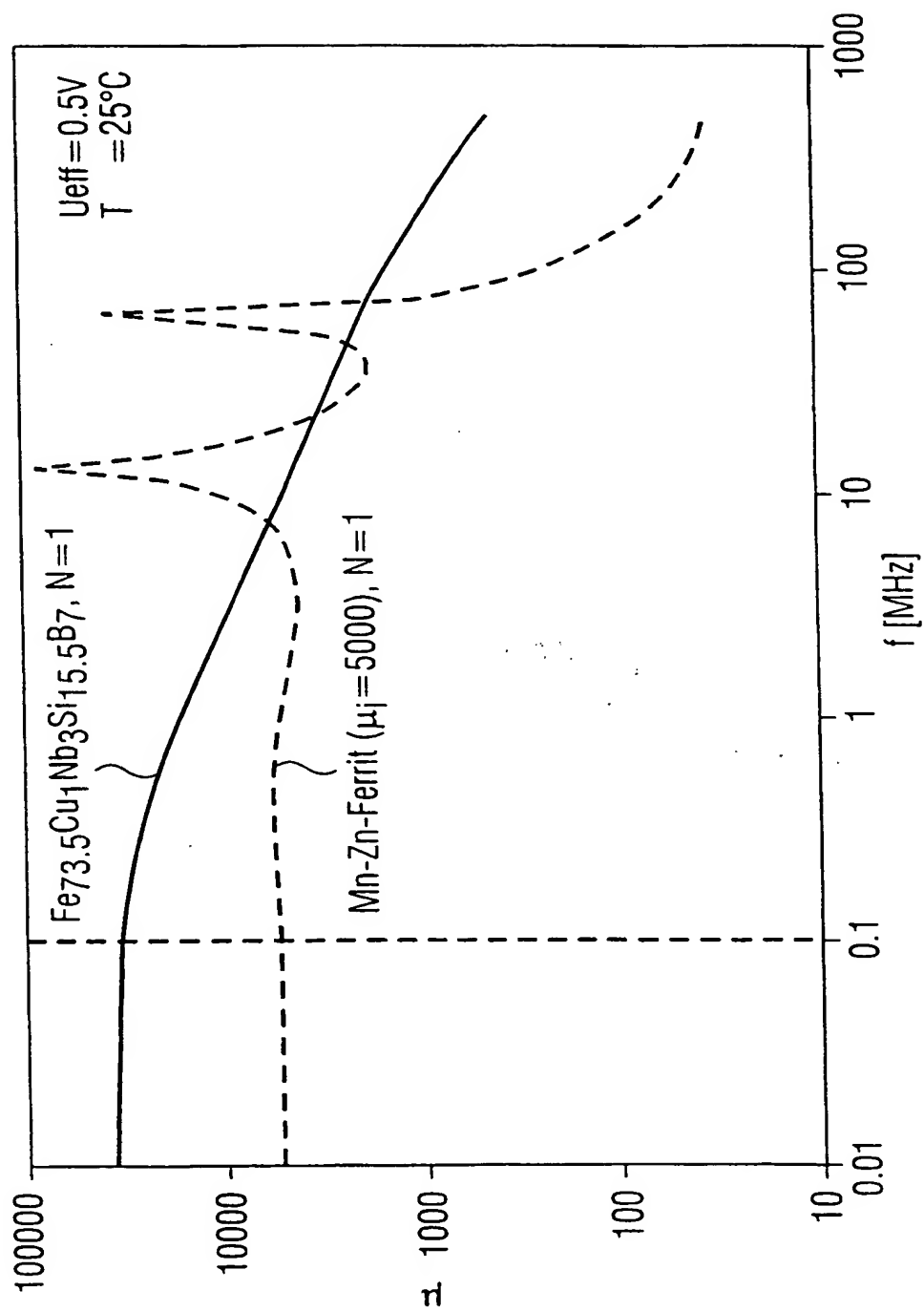
FIG 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5/9

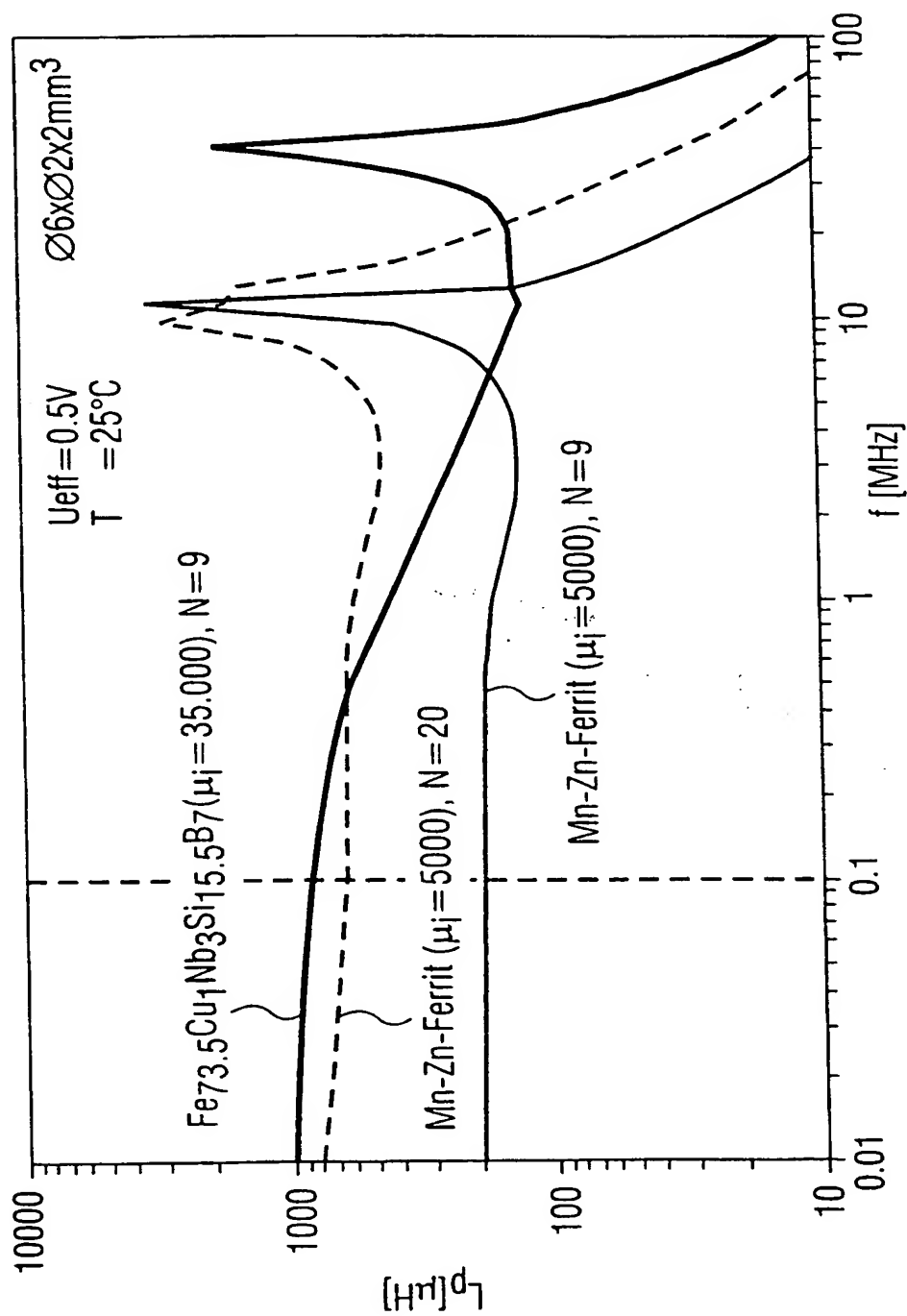
FIG 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6/9

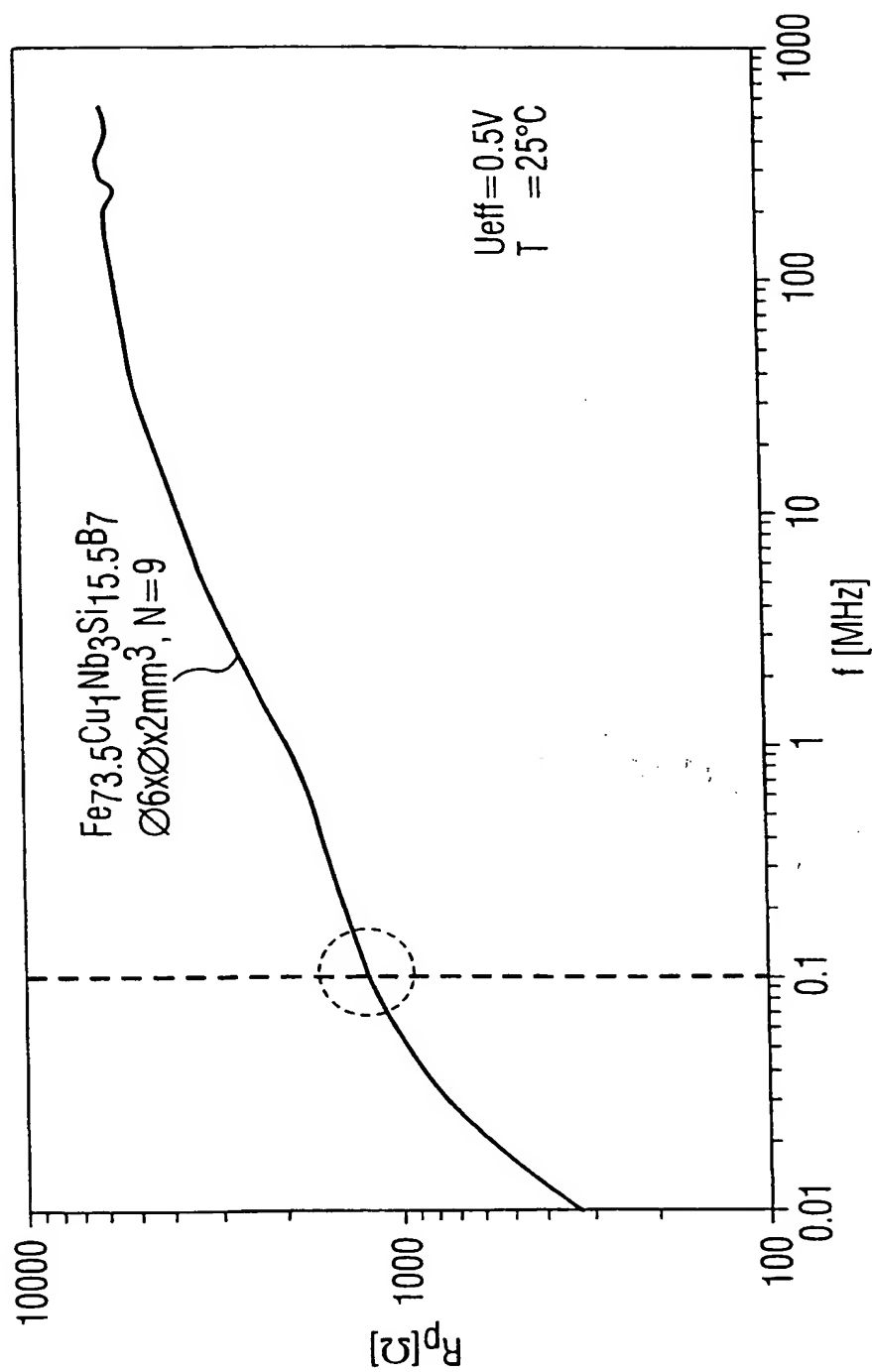
FIG 7



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

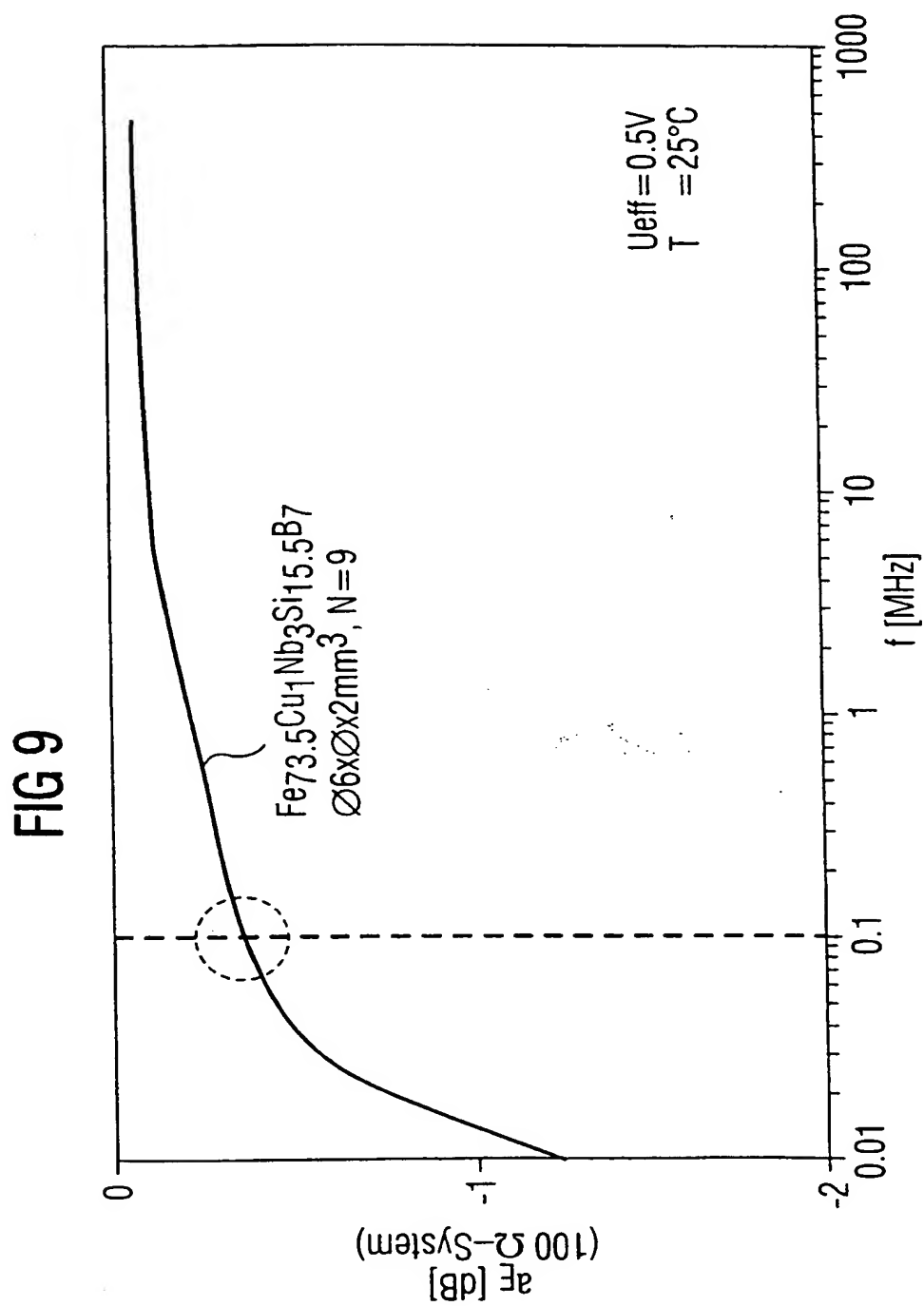
7/9

FIG 8



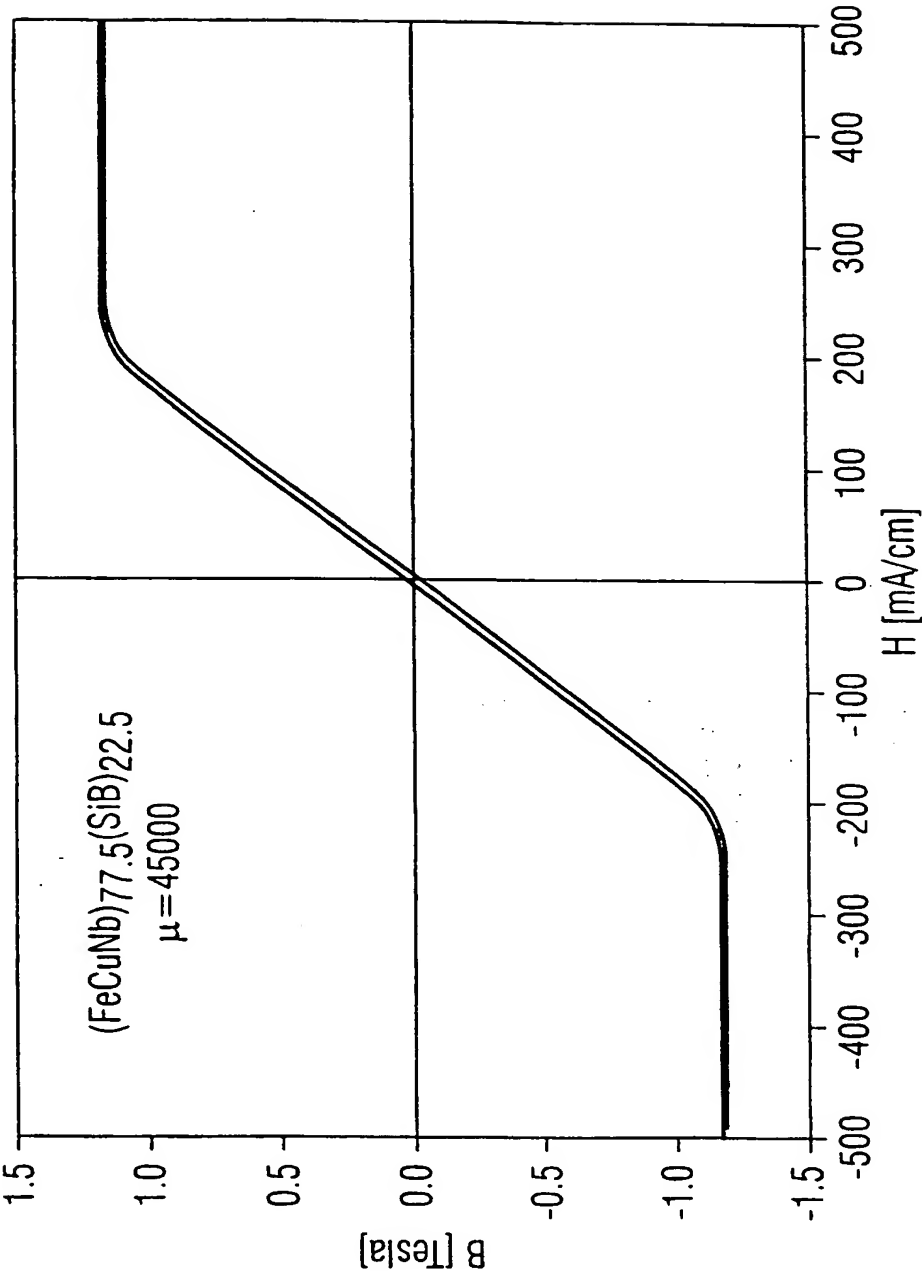
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

8/9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG 10



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/09882

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01F38/14 H01F27/24 G06F13/40 H01F19/08 H01F1/153

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 637 038 A (HITACHI METALS LTD) 1 February 1995 (1995-02-01) abstract page 2, line 1 - line 9; tables 1,2 ----	1,5
A	EP 0 747 914 A (KOLLMORGEN CORP) 11 December 1996 (1996-12-11) claims 1,7; figures 1,2 ----	1
A	US 5 229 652 A (HOUGH WAYNE E) 20 July 1993 (1993-07-20) column 2, line 19 - line 45 column 4, line 25 - line 52 column 5, line 63 -column 6, line 7; figures 1,8 ----- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 February 2001

Date of mailing of the international search report

12/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marti Almeda, R

## C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30 November 1995 (1995-11-30) & JP 07 192926 A (TDK CORP), 28 July 1995 (1995-07-28) abstract ----	1
E	WO 00 77928 A (BEICHLER JOHANNES ; VACUUMSCHMELZE GMBH (DE); PETZOLD JOERG (DE); H) 21 December 2000 (2000-12-21) the whole document ----	1-11
A	WO 98 12847 A (BEICHLER JOHANNES ; VACUUMSCHMELZE GMBH (DE); PETZOLD JOERG (DE); W) 26 March 1998 (1998-03-26) ----	
A	EP 0 378 823 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 25 July 1990 (1990-07-25) -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/09882

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0637038 A	01-02-1995	JP 7045440 A JP 7094314 A CN 1100838 A DE 69408916 D DE 69408916 T US 5725686 A	14-02-1995 07-04-1995 29-03-1995 16-04-1998 12-11-1998 10-03-1998
EP 0747914 A	11-12-1996	US 5736916 A GB 2301946 A,B IL 118263 A JP 9168276 A	07-04-1998 18-12-1996 14-07-1999 24-06-1997
US 5229652 A	20-07-1993	AU 3917593 A US 5412253 A WO 9321585 A	18-11-1993 02-05-1995 28-10-1993
JP 07192926 A	28-07-1995	NONE	
WO 0077928 A	21-12-2000	DE 19926699 A	11-01-2001
WO 9812847 A	26-03-1998	CN 1231094 A EP 0927479 A JP 2000503481 T US 6118365 A	06-10-1999 07-07-1999 21-03-2000 12-09-2000
EP 0378823 A	25-07-1990	DE 3900946 A DE 58909115 D JP 2271504 A	26-07-1990 20-04-1995 06-11-1990

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**